

補助事業番号 2022M-242  
補助事業名 2022年度 多腕ロボットの優先度付きマルチラテラル制御 補助事業  
補助事業者名 広島大学 村松 久圭

## 1 研究の概要

本研究は、整地および不整地双方における移動能力とタスク実行能力を兼ね備えた多腕ロボット、複数の操作デバイスによる遠隔操作ロボット、そして遠隔操作優先度付きマルチラテラル制御を構築した。

## 2 研究の目的と背景

災害地や危険地帯における人間の活動をロボットにより代替するため、ロボットおよびその遠隔操作制御の研究が行われている。現在広く利用されている汎用型ロボットは把持等のタスクが可能である一方で、移動能力を有していない問題がある。さらに、移動能力を有するロボットにおいてはその移動方法は限定的であり、多様な環境への汎用性に乏しい問題がある。また、遠隔操作制御手法は操作側と被操作側で1対1対で対応した手法がほとんどであった。

そこで、本研究は整地および不整地双方における移動能力とタスク実行能力を兼ね備えた多腕ロボットの開発と、複数の操作デバイスによる遠隔操作を実現する優先度付きマルチラテラル制御を構築した。

## 3 研究内容 <https://mdl.hiroshima-u.ac.jp/muramatsu/pages/re-ARMS/research.html>

まず、本研究は整地に適した車輪移動能力・不整地に適した三脚車輪移動能力・四腕による把持操りの複合能力を有する移動型四腕ロボット：ARMSを開発した。

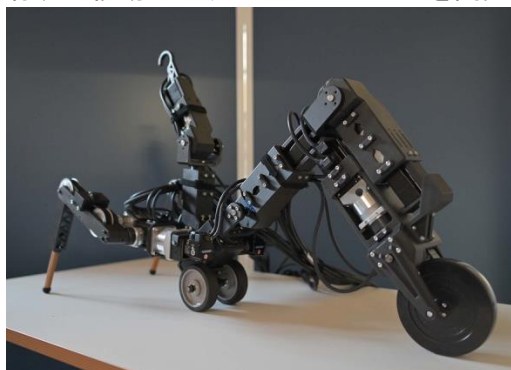


図1. 移動型四腕ロボット：ARMS.

ARMSは図2のような駆動輪付き11軸移動型四腕ロボットである。本ロボットは、先端に駆動車輪が取り付けられた3自由度の前腕、2つの直列弾性を有する3自由度後腕、背面の2自由度上腕を有する。2つの後腕は歩行移動および物体の把持・操りの双方に利用され、上腕のエンドエフェクタは他腕との協調によって位置および姿勢を決定する。さらに胴体下部には駆動しない受動車輪が2つ取り付けられており、歩行中の胴体支持および車輪走行に利用さ

れる。

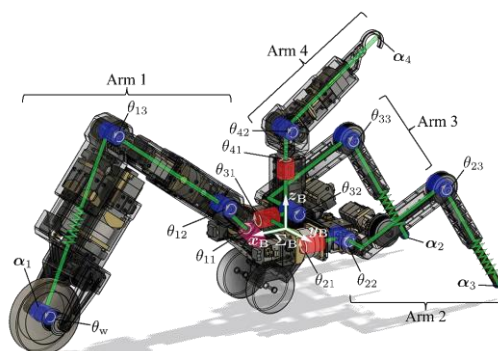


図2. ARMSの構成と三脚車輪移動姿勢.

ARMSは図2のような駆動車輪付き前腕および後腕を用いた三脚車輪歩行のみならず、図3のような駆動車輪付き前腕および胴体付きの受動車輪を用いた車輪走行・車輪走行中の把持・前後腕による立ち上がりが可能である。これらより、ARMSが脚移動および車輪移動を融合したハイブリッドモビリティを有しており、ARMSの腕は移動および把持等の複数目的に利用可能な汎用腕であることが分かる。

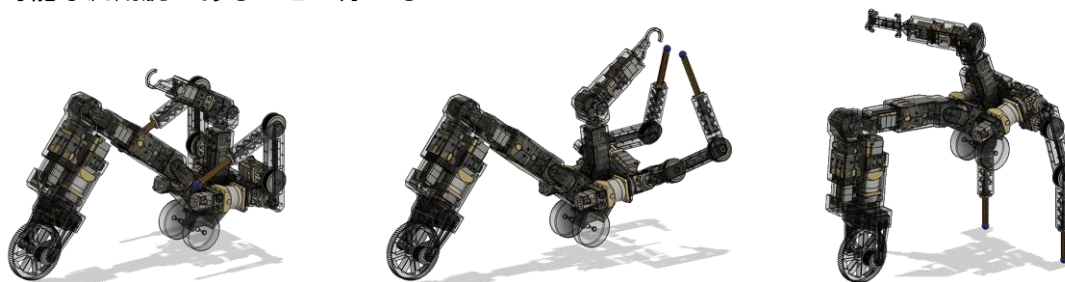


図3. ARMSの車輪移動・車輪移動&把持・立ち上がり姿勢.

ARMSの制御アルゴリズムは以下のように構成されている。まず、ARMSの各腕および駆動車輪の動作を生成し、逆運動学により各関節の角度指令を決定する。その後、軌跡修正アルゴリズムを通して、設定した角度制約・角速度制約・角加速度制約（ロボットの機械的制約）を満たすように角度指令を角度参照値へと修正する。その後、トルク飽和を考慮した角度制御：プロクシベースド・スライディングモード制御器によりモータトルクを計算する。なお、各腕の先端位置はエンコーダ情報および順運動学から得られる。

さらに、操作用ロボットは手で操作する一対の3軸パラレルリンクロボットと、足で操作する1軸ペダルを図4のように製作した。



図4. 遠隔操作ロボット.

複数の制御デバイスからの複数の制御指令へ優先度をつける優先度付きマルチラテラル制御の理論を構築した. 開発した多腕ロボットの背面に配置されたエンドエフェクタ位置指令と胴体の位置指令からエンドエフェクタ位置指令優先しつつ, 低い優先度で胴体の位置指令反映するアルゴリズムを疑似逆行列に基づく零空間を利用しつつ達成した.

最終的に, 実験検証動画(<https://www.youtube.com/watch?v=S18eULgeWOM&t=7s>)の通り, ARMSは三脚車輪移動・車輪移動・車輪走行中の把持・カバン運搬のタスクを実現した.

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

将来的に, 本ロボットは人命救助, 災害復旧, そして建設現場における作業の自動化および安全化に寄与することが期待される.

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本研究は研究実施者が本補助と共に新たに始めたロボティクス研究であり, 今後とも研究開発を継続していく予定である.

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- I. Hisayoshi Muramatsu, Keigo Kitagawa, Jun Watanabe, and Ryohei Hisashiki, “A Mobile Quad-Arm Robot ARMS: Wheel-Legged Tripedal Mobility and Quad-Arm Manipulation,” arXiv, arXiv:2305.01406, May 2023. プレプリント・投稿済
- II. 渡辺 潤, 村松 久圭, 移動型四腕ロボットにおける歩行および車輪走行動作制御, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会 2023, 名古屋国際会議場, 名古屋, 2022年6月28日-7月1日.
- III. Hisayoshi Muramatsu, Keigo Kitagawa, Jun Watanabe, and Ryohei Hisashiki, “Control Design and Experiments of Four Arms Robot with Wheel-Legged Mobility and Constraints,” SICE 2023, Sep. 2023. 投稿済

#### 7 補助事業に係る成果物

- (1) 補助事業により作成したもの

該当なし

(2)(1) 以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 広島大学 工学部（ヒロシマダイガク コウガクブ）

住 所： 〒739-8527

広島県 東広島市 鏡山 1-4-1

担 当 者： 助教 村松 久圭（ムラマツ ヒサヨシ）

担 当 部 署： 機械力学研究室（キカイリキガクケンキュウシツ）

E - m a i l： muramatsu@hiroshima-u.ac.jp

U R L： <https://mdl.hiroshima-u.ac.jp/muramatsu>